

Modifikasi Sistem Transmisi pada *Prototype* RCWS Robot UGV (Unmanned Ground Vehicle)

Rendra Dwie Ramadhan¹⁾, Willem Loe Mau²⁾, Rizal Hasbi³⁾

Jalan Raya Anggrek Desa Pendem Kecamatan Junrejo, Batu

¹⁾Prodi D4 Teknik Otoranpur Poltekad Kodiklatad ²⁾Dosen P4TK-BOE Malang,

³⁾Kelompok Dosen Poltekad Jurusan Otomotif Kendaraan Tempur
rendramadhan@gmail.com¹⁾, willemllo2014@gmail.com²⁾, arhasbi@gmail.com³⁾

System Modification of Transmission on The RCWS Prototype UGV Robot (Unmanned Ground Vehicle)

Abstract - An automotive transmission system is a system that has the function for conversion torsion and the rapidity (rotation) from the torsion machine and it has a different rapidity to keep on to the last activator. This conversion changes the high rotation speed becomes lower, but it has more energy conversely. The highest torsion in certain machines generally occurs in a half from the limit from the machine rotation which allowed, while the vehicle needs the highest torsion start from it could be moved. The purpose of this study is to modify the accuracy and the exact transmission, so that the activator transmission which uses a pulley system (part of the automobile chassis) and belt will have a gentle rotation by activator use motor stepper with more energy in it. This machine works by having a battery to supply electricity to the motor stepper, then it is controlled by azimuth and elevation moving control so that transmission of weapon bipod will move with elevation-100 s/d 600 degrees. Azimuth moving control will be pressed so it will move the motor stepper and make the weapon move to 360 degrees. The result of the rotation of the motor will move gently and the comparison between use motor DC gearbox which not soft at the rotation itself.

Keywords : transmission system, UGV robot, rolling bearings

Abstrak - Sistem transmisi dalam otomotif adalah sistem yang berfungsi untuk konversi torsi dan kecepatan (putaran) dari mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi menjadi lebih rendah tetapi lebih bertenaga, atau sebaliknya. Torsi tertinggi suatu mesin umumnya terjadi pada sekitar pertengahan dari batas putaran mesin yang diizinkan, sedangkan kendaraan memerlukan torsi tertinggi pada saat mulai bergerak. Dalam metode Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi keakuratan dan ketepatan pada tranmisi sehingga tranmisi penggerak yang menggunakan system puli dan belt akan memiliki putaran yang lembut dengan penggerak menggunakan motor stepper tetapi lebih bertenaga. Cara kerja alat Baterai mensuplai arus listrik ke motor stepper, Motor stepper dikontrol menggunakan kontrol gerak azimuth dan kontrol gerak elevasi, Kontrol gerak elevasi ditekan maka akan menggerakkan motor stepper gerak elevasi sehingga tranmisi dudukan senjata akan bergerak elevasi -10⁰ s/d 60⁰. Kontrol gerak azimuth ditekan maka akan menggerakkan motor stepper gerak azimuth sehingga senjata akan bergerak azimuth 360⁰. Hasil putaran yang diperoleh oleh motor akan bergerak dengan lembut dan perbandingan dengan menggunakan motor DC gearbox yang masih belum lembut dalam putarannya.

Kata kunci : sistem transmisi, robot UGV, bantalan gelinding

PENDAHULUAN

Robot adalah seperangkat alat mekanik yang bisa melakukan tugas fisik, baik dengan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu. Istilah robot berawal bahasa Ceko “robota” yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan. Pada Robot UGV (*Unmanned Ground Vehicle*) adalah sebuah robot tempur kota yang dilengkapi dengan kecanggihan sistem pada transmisi, Pada sistem transmisi robot UGV menggunakan sistem transmisi yang sangat halus untuk dapat menggerakkan senjata dengan mode *Azimuth, Elevasi, dan* rotasi 360° pada robot tersebut.

Pada transmisi mempunyai fungsi untuk mengkonversi torsi dan kecepatan (putaran) dari motor menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi menjadi lebih rendah tetapi lebih bertenaga, atau sebaliknya. Dengan kondisi putaran yang berbeda-beda tersebut maka diperlukan sistem transmisi agar kebutuhan tenaga dapat dipenuhi. Pada transmisi sabuk belt digunakan konsep dasar untuk mendapatkan hasil putaran dari puli menuju belt yang seimbang, pada dasarnya sistem transmisi ini memakai sistem puli dan belt agar pada saat transmisi ini bekerja tidak terdapat lendutan atau getaran yang dapat mempengaruhi pergerakan pada sudut elevasi dan azimuth. Sabuk digunakan untuk mentransmisikan beban ringan dan beban berat pada saat kondisi kerja mencapai temperature tinggi.

Berdasarkan fakta di atas peneliti tertarik mengangkat judul “**Modifikasi Sistem**

Transmisi pada Prototype RCWS Robot UGV (*Unmanned Ground Vehicle*).” maka perlu adanya perencanaan sistem transmisi penggerak pada sudut elevasi dan azimuth. Sehingga diharapkan pada transmisi tersebut dalam pergerakannya bisa cepat dan lincah saat dioperasikan dalam medan datar dan terbuka, serta dapat bergerak ke segala arah. Penganalisaan sistem transmisi yang menggunakan motor stepper pada tiap-tiap penggerak diharapkan dapat menjalankan pergerakan senjata pada elevasi dan *azimuth* serta mampu memajukan alutsista agar berguna untuk mendukung tugas pokok TNI AD.

Pada sistem transmisi yang direncanakan menggunakan 2 motor stepper diharapkan akan menghasilkan gerakan yang dapat memutar puli dan belt dari putaran motor stepper secara step tanpa adanya jeda atau *delay* dalam menggerakkan arah senjata pada pergerakan elevasi dan *azimuth*. Begitu juga dengan adanya transmisi yang menggunakan sabuk dan puli ini akan membantu cara kerja alat untuk memperoleh sebuah pergerakan yang diinginkan pada saat digunakan pada robot UGV (*Unmanned Ground Vehicle*).

METODE PENELITIAN

▪ Tempat dan Waktu Penelitian

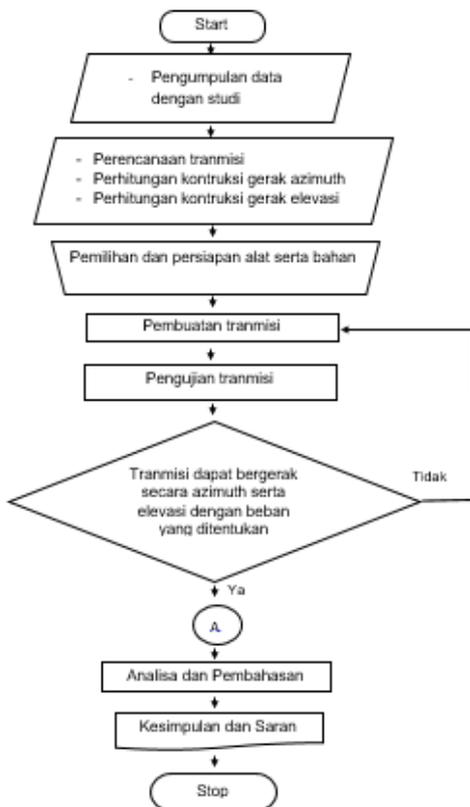
Tempat : di Bengkel Jurusan Teknik Mesin Poltekad Kodiklatad.

Waktu : 9 Bulan (April-Desember 2021)

▪ Metode Penelitian

Untuk mendukung penelitian ini, peneliti menggunakan metode sebagai berikut:

- Literatur. Menghimpun data-data dari buku yang berkaitan sebagai bentuk referensi dalam perencanaan ini.
- Studi Lapangan. Pengambilan data secara langsung yang diambil secara langsung di lapangan.
- Variable Penelitian: Variable yang akan digunakan pada penelitian ini ada yaitu variable bebas dan bariabile terikat, seperti dibawah ini:
 - a. Variabel bebas.
Variabel yang ditentukan sendiri besarnya oleh perancang/peneliti. Dalam perancangan ini variabel bebas yang digunakan adalah kecepatan motor yang diperlukan untuk menggerakkan sudut Elevasi dan Azimuth.
 - b. Variabel terikat.
Variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas. Adapun variabel terikat yang digunakan adalah untuk mengetahui seberapa besar Daya yang diperlukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

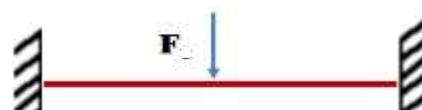
- **Pelaksanaan Penelitian.**

Pelaksanaan pembuatan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan, yang dimulai dari pengumpulan data, perhitungan, pemilihan bahan, pembuatan alat, pengujian alat dan menganalisa alat. Hal tersebut untuk membuat **Modifikasi sistem transmisi sistem belt prototype robot UGV (Unmanned Ground Vehicle)** dengan dimensi yang minimalis dan bahan ringan namun kuat serta kokoh sehingga mampu menggerakkan sistem transmisi saat senjata ditembakkan serta dapat melaksanakan gerak azimuth dan elevasi dengan stabil dan tidak mudah goyah. Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari bulan April sampai dengan Desember 2020.

PEMBAHASAN / HASIL PEMBAHASAN

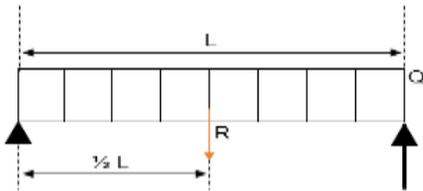
Dalam merancang alat diperlukan sebuah desain, sehingga dari desain tersebut akan menghasilkan bentuk alat yang maksimal. Bentuk desain tersebut dilihat dari segi konsep, inovasi dan estetika.

- **Beam.** Gelagar / beam adalah suatu batang yang dibebani gaya atau momen yang bekerja pada bidang-bidang yang dibentuk oleh sumbu batang tersebut. Beam yang reaksi-reaksinya dapat dihitung dengan metode statik (persamaan kesetimbangan) disebut dengan statis tertentu (*Statically determinate*). Sedangkan beam yang didukung oleh dukungan yang lebih dari yang diperlukan untuk kesetimbangan tersebut statis tak tentu (*Statically indeterminate*). (Sumber: TEDC "Stasika" Hal 43)



Gambar 2. Contoh Beam (Fixed)

(Sumber: TEDC "Stasika" Hal 43)



Gambar 3. Distribusi Beban Merata
(Sumber: TEDC “Stasika” Hal 44)

Jika masa (m) dari benda yang ditopang (N/m) maka besarnya adalah: (Sumber: TEDC “Stasika” Hal 44)

$$\begin{aligned} W &= m \cdot L \\ &= 8 \text{ kg} \times 28 \text{ cm} \\ &= 224 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

- **Perencanaan Poros Elevasi**

Dalam penentuan bahan dari poros sebelumnya harus diketahui besarnya beban yang diterima 8 kg, panjang poros 40 cm bahan batang baja ST42 yang mempunyai kekuatan tarik.

- **Sistem Penggerak**

Dalam menentukan sistem penggerak pada puli perlu adanya torsi pada puli untuk menggerakkan poros elevasi dengan menentukan torsi pada puli, tekanan perbandingan puli besar dan kecil, gaya yang terjadi pada puli dan sabuk, sudut kontak dan panjang belt.

- **Perhitungan Bantalan Gelinding.**

Bearing yang digunakan menggunakan taper bearing (bantalan gelinding). Pada bantalan gelinding memiliki kekuatan yang kuat karena pada bantalan gelinding mempunyai sudut sebagai tumpuan untuk menahan beban. Dalam perhitungan bantalan gelinding diketahui sebagai berikut :

Dimana :

Gaya radial bantalan (F_r) = 78,4 N

Diameter dalam bantalan (d) = 35 mm

Putaran poros (n) = 34,8 rpm

Konstanta (e) = 92

Faktor beban putar pada cincin dalam (V) = 1

Beban nominal dinamis spesifik (C) = 1250 kg

Maka :

a. Perencanaan bahan.

Pada perencanaan adapun bahan yang digunakan adalah perunggu fos

b. Beban yang bekerja pada bantalan gelinding.

Dari nilai $X_o = 1$, dan nilai $Y_o = 0$, maka beban yang bekerja pada bantalan adalah: (Elemen Mesin, Sularso, 1987, hal 135).

$$\begin{aligned} P &= X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a \\ &= 1 \cdot 78,4 \text{ N} + 0 \cdot 0 \text{ N} \\ &= 78,4 \text{ N} \\ &= 8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

c. Faktor kecepatan (F_n).

$$\begin{aligned} F_n &= \left[\frac{33,3}{n} \right]^{1/3} \\ &= \left[\frac{33,3}{34,8} \right]^{1/3} \\ &= 0,8750 \end{aligned}$$

d. Faktor umur (F_h).

$$\begin{aligned} F_h &= F_n \times \frac{C}{P} \\ &= 0,8750 \times \frac{1250 \text{ kg}}{78,4 \text{ kg}} \\ &= 13,950 \end{aligned}$$

e. Umur Bantalan (L_h).

$$\begin{aligned} L_h &= 500 \times F_h^3 \\ &= 500 \times 13,950^3 \\ &= 1203,63 \end{aligned}$$

Jadi untuk satu tahun = 24 jam x 365 hari

= 8760 jam

Maka umur bantalan = $\frac{1203,63}{8760} = 0,13$ tahun

(Digunakan dengan terus menerus selama 24 jam).

f. Diameter bola gelinding (D_w).

$$D_w = q_1 (D - d)$$

$$= 0,216 (68 \text{ mm}-40 \text{ mm})$$

$$= 6,048 \text{ mm}$$

g. Jumlah bola gelinding dalam bantalan (Z_b).

$$\begin{aligned} Z_b &= q_2 \left(\frac{D+d}{D_w} \right) \\ &= 0,98 \left(\frac{68 \text{ mm}+40 \text{ mm}}{6,048 \text{ mm}} \right) \\ &= 17,5 \\ &= 17 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan perencanaan bantalan diatas, bantalan yang digunakan menggunakan bantalan gelinding tunggal (*Single row ball bearing*) dengan nomor bantalan 6008 yang mempunyai kapasitas nominal spesifik (C) 1310 kg, maka umur bantalan dapat digunakan selama 0,37 tahun (Digunakan dengan terus menerus selama 24 jam)

- **Perencanaan Poros Azimuth.**

Dalam penentuan bahan dari poros sebelumnya harus diketahui besarnya beban yang diterima 8 kg, panjang poros 15 cm bahan batang baja ST42 yang mempunyai kekuatan tarik 55 kg/mm².

a. Penentuan daya. Diketahui waktu yang akan dibutuhkan 3 s maka penentuan daya perencanaan (P) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = F \cdot r$$

$$\begin{aligned} F &= 45,4 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 444,92 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= 444,92 \text{ N} \times 0,025 \text{ m} \\ &= 11,123 \text{ Nm} = 111,23 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Untuk mencari kecepatan putar rotasi (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{360}{360} \cdot 3s \\ &= 3 \text{ rps} \end{aligned}$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \text{ (Watt)}$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \text{ rps} \cdot 11,123 \text{ Nm}$$

$$= 209,55 \text{ Watt}$$

b. Momen inersia pada poros (I)

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} (D)^4 \\ &= \frac{3,14}{64} (50 \text{ mm})^4 \\ &= \frac{3,14}{64} \times 6250000 \text{ mm}^4 \\ &= 306640,62 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

c. Tegangan geser yang diizinkan bahan poros (τ_α)

$$\begin{aligned} \tau_\alpha &= \sigma_B / (S_{f1} \times S_{f2}) \text{ (kg/mm}^2\text{)} \\ &= \frac{55 \text{ kg/mm}^2}{6,0 \times 2,5} \\ &= 3,66 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan geser yang terjadi

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T \cdot r}{I} \\ \tau &= \frac{111,23 \text{ Nmm} \times 25 \text{ mm}}{306640,62 \text{ mm}^4} \\ &= 0,009068 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Dimana:

Bahan poros batang baja yang difinisi dingin ST42

Kekuatan tarik (σ_B) = 55 kg/mm²

Faktor keamanan untuk bahan (S_{f1}) = 6,0

Faktor pengaruh kekasaran permukaan (S_{f2}) = 1,3 ^{s/d} 3,0

Faktor pengaruh kekasaran permukaan yang digunakan adalah (S_{f2} = 2,5)

d. Dimensi poros diketahui.

1) Percepatan gravitasi = 9,81 m/s²

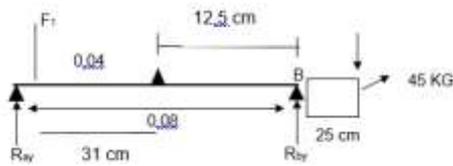
2) Panjang (L) = 0,055 m

3) Diameter (d) = 32 m

4) Berat dudukan (m) = 45,4 kg

e. Beban yang diterima.

$$\begin{aligned} W &= m_{\text{tot}} \times g \text{ (N)} \\ &= 45,4 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 445,374 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 4. Free Body Diagram Pada Poros Dudukan Azimuth.

f. Kesetimbangan gaya yang terjadi pada poros Azimuth

$$T_1 = F_1 \cdot l_1$$

$$T_2 = F_2 \cdot l_2$$

$$\sum T = 0$$

$$T_1 + T_2 = 0$$

$$T_1 = -T_2$$

$$F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2$$

$$F_1 \times 31 \text{ cm} = 4,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (25 + 12,5 \text{ cm})$$

$$F_1 \times 31 \text{ cm} = 1237,5 \text{ N.cm}$$

$$F_1 = \frac{1237,5}{31} = 39,9 \text{ N}$$

g. Momen lentur.

$$M = W \cdot r \text{ (Nm)}$$

$$= 445,374 \times 0,025 \text{ m}$$

$$= 11,134 \text{ Nm}$$

h. Tegangan lentur pada poros.

$$\sigma = \frac{W}{A} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (r + L) \text{ (m}^3\text{)}$$

$$= 2 \times 3,14 \times 0,025 \text{ m} (0,025 \text{ m} + 0,015)$$

$$= 0,00628 \text{ m}^3$$

Sehingga

$$\sigma = \frac{445,374 \text{ N}}{0,00628 \text{ m}^3} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$= 7,0919 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

Tegangan geser yang diijinkan adalah 3,66 N/mm² lebih besar dibandingkan dengan

tegangan yang terjadi poros yaitu 0,009068 N/mm² (baik).

• Sistem Penggerak.

Dalam menentukan sistem penggerak pada puli perlu adanya torsi pada puli untuk menggerakkan poros elevasi dengan menentukan

a. Untuk menentukan torsi pada puli (τ)

$$\tau = F \cdot r$$

$$= 444,92 \text{ N} \times 33 \text{ mm}$$

$$= 14682,36 \text{ N.mm}$$

b. $I = \frac{dp}{Dp} = \frac{N1}{N2}$

$$= \frac{2 \text{ cm}}{6,6 \text{ cm}} = \frac{3 \text{ rps}}{N1}$$

$$N1 = \frac{6,6 \text{ cm} \cdot 3 \text{ rps}}{2 \text{ cm}}$$

$$= 9,9 \text{ rps}$$

c. Torsi pada motor

$$T = F \cdot r$$

$$= 444,92 \cdot 4 \text{ mm} (0,004 \text{ m})$$

$$= 1779,68 \text{ kg.mm}$$

d. Gaya yang terjadi pada puli dan sabuk

$$F = \frac{T}{D}$$

$$= \frac{444,92}{\frac{66}{2}}$$

$$= 3,370 \text{ N}$$

e. Sudut Kontak

$$\theta = 180^\circ - \left(\frac{D_2 - D_1}{2} \right) \cdot 360^\circ$$

$$= 180^\circ - \left(\frac{66 - 20}{2} \right) \cdot 360^\circ$$

$$= 180^\circ - (23) \cdot 60^\circ$$

$$= 9420^\circ$$

f. Panjang Belt

$$L = 2A + \frac{\pi}{2}(D_2 - D_1) + \left(\frac{D_2 - D_1}{4A} \right)^2$$

$$= 2(210 \text{ mm}) +$$

$$\frac{\pi}{2} (66 - 20) \text{ mm} + \frac{(66 - 20)^2}{4 (210 \text{ mm})}$$

$$= 420 \text{ mm} + 72,22 \text{ mm} + 0,1095 \text{ mm}$$

$$= 492,329 \text{ mm}$$

$$= \left[\frac{33,3}{34,8} \right]^{1/3}$$

$$= 0,8750$$

• **Perhitungan Bantalan.**

Bearing yang digunakan menggunakan taper bearing (bantalan gelinding). Pada bantalan gelinding memiliki kekuatan yang kuat karena pada bantalan gelinding mempunyai sudut sebagai tumpuan untuk menahan beban. Dalam perhitungan bantalan gelinding diketahui sebagai berikut :

Dimana :

- Gaya radial bantalan (F_r) = 78,4 N
- Diameter dalam bantalan (d) = 35 mm
- Putaran poros (n) = 34,8 rpm
- Konstanta (e) = 92
- Faktor beban putar pada cincin dalam (V) = 1
- Beban nominal dinamis spesifik (C) = 1250 kg

Maka :

a. Perencanaan bahan. Pada perencanaan adapun bahan yang digunakan adalah perunggu fosfor. Hal tersebut bertujuan agar bantalan mampu menumpu poros penggerak sehingga putaran dapat terjadi secara halus serta aman serta meminimalisir kerugian saat pemindahan energi terjadi.

b. Beban yang bekerja pada bantalan gelinding.

Dari nilai $X_o = 1$, dan nilai $Y_o = 0$, maka beban yang bekerja pada bantalan adalah: (Elemen Mesin, Sularso, 1987, hal 135).

$$P = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a$$

$$= 1 \cdot 78,4 \text{ N} + 0 \cdot 0 \text{ N}$$

$$= 78,4 \text{ N}$$

$$= 8 \text{ Kg}$$

c. Faktor kecepatan (F_n)

$$F_n = \left[\frac{33,3}{n} \right]^{1/3}$$

d. Faktor umur (F_h)

$$F_h = F_n \times \frac{C}{P}$$

$$= 0,8750 \times \frac{1250 \text{ kg}}{78,4 \text{ kg}}$$

$$= 13,950$$

e. Umur Bantalan (L_h)

$$L_h = 500 \times F_h^3$$

$$= 500 \times 13,950^3$$

$$= 1203,63$$

Jadi untuk satu tahun = 24 jam x 365 hari

$$= 8760 \text{ jam}$$

Maka umur bantalan = $\frac{1203,63}{8760} = 0,13$ tahun

(Digunakan dengan terus menerus selama 24 jam).

f. Diameter bola gelinding (D_w).

$$D_w = q_1 (D - d)$$

$$= 0,216 (68 \text{ mm} - 40 \text{ mm})$$

$$= 6,048 \text{ mm}$$

g. Jumlah bola gelinding dalam bantalan (Z_b).

$$Z_b = q_2 \left(\frac{D+d}{D_w} \right)$$

$$= 0,98 \left(\frac{68 \text{ mm} + 40 \text{ mm}}{6,048 \text{ mm}} \right)$$

$$= 17,5$$

$$= 17 \text{ buah}$$

Dari hasil perhitungan perencanaan bantalan diatas, bantalan yang digunakan menggunakan bantalan gelinding tunggal (*Single row ball bearing*) dengan nomor bantalan 6008 yang mempunyai kapasitas nominal spesifik (C) 1310 kg, maka umur bantalan dapat digunakan selama 0,37 tahun

(Digunakan dengan terus menerus selama 24 jam). Hal tersebut bertujuan agar bantalan mampu menumpu poros penggerak sehingga putaran dapat terjadi secara halus serta aman serta meminimalisir kerugian saat pemindahan energi terjadi.

SIMPULAN

Dari hasil analisis karakterisasi Modifikasi Sistem Transmisi pada *Prototype RCWS Robot UGV (Unmanned Ground Vehicle)*." terhadap variasi sudut penembakan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Berat total sistem transmisi dari hasil perhitungan $W_s + W_d + F_{rec} + W_{el} + W_{az}$ diperoleh sebesar 29,86 N.
- b. Hasil perhitungan yang diperoleh pada poros elevasi adalah daya yang diharuskan 6,24 Watt dengan momen torsi 759,720 kg.mm dan tegangan geser 3,66 kg/mm² sedangkan pada azimut diperoleh daya yang diharuskan 8,18 Watt dengan momen torsi 662,32 kg.mm dan tegangan geser 3,66 kg.mm²
- c. Dalam perhitungan bantalan diperoleh beban aksial 91,781 N , dengan beban ekifalen bantalan 300,73 N dan umur bantalan 14,153 tahun.
- d. Dalam perhitungan diperoleh hasil daya yang dibutuhkan 8,184 Watt dengan torsi 0,029 Nm. Maka Motor yang ada di pasaran jenis Motor stepper dengan rpm 2650, tegangan 24 volt, arus 13,7 ampere.

DAFTAR PUSTAKA

Hanoto,Bambang Irawan ,Marwoto,Lembah Tarigan,Parno R, Dan Mukhtar Ginting, 1982, TEDC ,STASTIKA. BANDUNG
Ir. Sularso, MS ME. 1997, Dasar-dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Pradnya Paramita, Jakarta.

Robert L. Mott, 2009, "Elemen-elemen mesin dalam perancangan mekanis", ANDI, Yogyakarta.

R.S. Khurmi dan J.K. Gupta,2005, Machine Design ,Eurasia Publishing House, New Delhi.

Sularso, Suga, Kiyokatsu. 1991. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin 10th Edition. Jakarta : PT. Pradnya Paramita 2002.